

09/26944

PCT/FR99/03268  
FR 3208

REC'D 14 JAN 2000

WIPO

PCT

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION****DOCUMENT DE  
PRIORITÉ**PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÈMENT À LA REGLE  
17.1.a) OU b)**COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **29 DEC. 1999**Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets**Martine PLANCHE****INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE****SIEGE**26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30

**THIS PAGE BLANK (USF 102)**



# BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réserve à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES 30 DEC 1998

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 98 16623 -

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75

DATE DE DÉPÔT 30 DEC 1998

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL  
Département PI  
Madame Béatrice MOULIN  
30 avenue Kléber  
75116 PARIS

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire



demande initiale

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande  
de brevet européen

☐ brevet d'invention

n° du pouvoir permanent références du correspondant

téléphone

PG 7176 F°102105PA/BM 0140676300

☐ certificat d'utilité n°

date

Établissement du rapport de recherche

☐ diffère

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☒ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

PROCEDE DE CONTROLE DE LA PUISSANCE D'UN EMETTEUR PAR LES SIGNAUX RECUS

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN 5.4.2.0.1.9.0.9.6

code APE-NAF

Norm et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

ALCATEL

Forme juridique

Société anonyme

Nationalité (s) Française

Adresse (s) complète (s)

1 rue La Boétie  
75008 PARIS

Pays

FRANCE

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
(nom et qualité du signataire)

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

B. MOULIN / LC 40 B

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9876623

**F°102105PA - BM/SPD**

TITRE DE L'INVENTION :

PROCEDE DE CONTROLE DE LA PUISSANCE D'UN EMETTEUR PAR LES SIGNAUX RECUS

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

Société anonyme :  
ALCATEL


DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

- CALOT Guillaume  
28 rue Henri de Regnier  
78000 VERSAILLES, FRANCE
- LAPAILLE Cédric  
5, Place Maurice Berteaux  
78400 CHATOU, FRANCE

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature ~~(à compléter par le titulaire ou le mandataire)~~ du mandataire

30.12.1998 PARIS



B. MOULIN

## PROCÉDÉ DE CONTRÔLE DE LA PUISSANCE D'UN ÉMETTEUR PAR LES SIGNAUX REÇUS

L'invention est relative à un procédé pour contrôler la puissance d'un émet-  
teur de façon telle que le signal reçu par un récepteur présente une qualité sensi-  
5 blement constante.

De façon générale, l'invention se rapporte à un système de télécommuni-  
cations dans lequel le canal de propagation des signaux de l'émetteur vers le récep-  
teur présente un gain variable.

Elle concerne plus particulièrement, mais non exclusivement, un système  
10 de télécommunications, notamment par satellites, dans lequel les conditions de pro-  
pagation des signaux entre l'émetteur et le récepteur peuvent varier, par exemple  
du fait de variation des conditions météorologiques.

Dans un tel système, les variations de gain du canal de transmission ont  
pour origines principales la pluie, la scintillation et les masquages et ces variations  
15 provoquent, par rapport à une transmission dans de bonnes conditions, une forte  
atténuation du signal reçu. La scintillation a pour origine des trajets multiples des  
signaux qui provoquent des combinaisons additives et soustractives. Les mas-  
quages interviennent quand une antenne suit une source mobile, telle qu'un satel-  
lite, et que des obstacles viennent s'interposer sur le trajet du signal transmis.

20 En outre, le bruit du signal reçu peut varier soit du fait d'une variation des  
conditions de propagation soit du fait que la source de bruits (qu'elle vienne de  
l'émetteur ou d'un parasite extérieur) est variable.

Un système de télécommunications doit assurer une qualité de service  
minimale. Par exemple, dans le cas d'une transmission de signaux numériques,  
25 cette condition requiert que le taux d'erreurs binaires soit toujours inférieur à un taux  
requis. Pour satisfaire à cette exigence, on s'assure qu'à tout instant le rapport  
signal à bruit du signal reçu soit supérieur à une valeur prédéterminée.

Pour résoudre ce problème, la solution la plus courante est de conférer à la  
puissance d'émission une valeur suffisante pour que, quelles que soient les condi-  
30 tions de la liaison entre émetteur et récepteur, on obtienne toujours un rapport  
signal à bruit au moins égal à une valeur minimale. Mais, cette solution n'est, en  
général, pas satisfaisante, car elle conduit à fournir une puissance excessive à  
l'émetteur, ce qui peut entraîner une limitation de la capacité de transmission d'un  
système dont fait partie l'émetteur. En effet, quand la transmission s'effectue par  
35 l'intermédiaire d'un satellite qui relaie les émissions provenant de plusieurs émet-  
teurs, la puissance disponible dans le satellite est limitée, et une puissance élevée

fournie à un émetteur diminue la puissance disponible pour les autres émetteurs. En d'autres termes, le nombre d'émetteurs qui peuvent être relayés par le satellite est donc réduit. La puissance d'émission est donc excessive.

Une autre solution au problème des variations de puissance transmise et  
 5 des variations de bruit consiste à effectuer une régulation. Le contrôle de la puissance de l'émetteur est réalisé par le récepteur. A cet effet, on détermine le rapport signal à bruit du signal reçu, on compare ce rapport à une valeur de référence, et, à partir du résultat de la comparaison, on élabore un signal de consigne qui est transmis du récepteur vers l'émetteur. Ce signal de consigne a pour but de corriger la  
 10 puissance de l'émetteur afin que le signal émis fournisse au récepteur, après propagation dans le canal de transmission, un signal dont le rapport signal à bruit soit égal à la référence.

Pour comparer, dans le récepteur, le rapport signal à bruit à la référence, en général, avant la comparaison, on prévoit un lissage tel qu'un filtrage passe-bas,  
 15 de la mesure du rapport signal à bruit afin de limiter le bruit provenant du canal de transmission.

On a constaté que la mise en œuvre d'une telle régulation pose des problèmes difficiles à résoudre dans le cas où il existe un retard non négligeable de transmission et/ou de traitement des signaux de l'émetteur vers le récepteur et du  
 20 récepteur vers l'émetteur. En effet, le signal de consigne que reçoit l'émetteur est destiné à corriger une situation qui a pu évoluer entre l'émission de la consigne par le récepteur et sa réception par l'émetteur et cette situation peut encore évoluer entre l'émission d'un signal de données (appliquant la consigne de puissance) par l'émetteur et sa réception par le récepteur. Ce décalage entre l'instant de la correction demandée et l'instant où elle est reçue par le récepteur entraîne une impossibilité de réguler la puissance quand le gain du canal de transmission – c'est-à-dire les conditions de propagation dans l'exemple – varie de façon sensible pendant le  
 25 temps de transmission.

Ce problème de décalage est encore aggravé dans le cas d'un système de  
 30 télécommunications à trafic sporadique (c'est-à-dire à débit variable) et/ou dans le cas où les consignes sont transmises, du récepteur vers l'émetteur, seulement avec des informations proprement dites à transmettre.

On considérera ici, à titre d'exemple, un système de transmission asynchrone tel qu'un système ATM ("Asynchronous Transfer Mode") dans lequel le  
 35 récepteur constitue, de son côté, un émetteur qui transmet des données à l'émetteur fonctionnant alors comme récepteur. Dans ce cas, les consignes ne sont trans-

5 mises qu'avec des cellules ou paquets de données (d'information ou de signalisation) transmises du récepteur vers l'émetteur. Comme le trafic est sporadique, le temps qui s'est écoulé entre, d'une part, l'instant d'application de la consigne de puissance à l'émetteur, et, d'autre part, l'instant de l'événement ayant servi à élaborer cette consigne dans le récepteur, est variable et peut atteindre des valeurs importantes. De même, la sporadicité du trafic entre l'émetteur et le récepteur entraîne une durée variable entre l'instant d'émission et la réception dans le récepteur.

10 En particulier, dans un système de transmission de type dit "multimédia", le trafic des données présente des débits très variables. Par exemple, la transmission de courrier électronique exige un débit beaucoup plus faible que la transmission de données vidéo.

15 L'invention se rapporte à une régulation de la puissance de l'émetteur et fournit des solutions particulièrement simples aux problèmes mentionnés ci-dessus. Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce qu'à chaque fois que le récepteur reçoit une information provenant de l'émetteur, il détermine une consigne de puissance demandée à l'émetteur en fonction, d'une part, de la comparaison d'une caractéristique du signal reçu avec une référence, d'autre part, de la puissance à laquelle a été émise l'information reçue, et d'autre part, enfin, des  
20 consignes précédemment émises mais non prises en compte dans l'information reçue en raison des retards de transmission.

La puissance de l'émetteur est nécessairement connue par le récepteur, puisque c'est ce dernier qui la détermine par les consignes.

25 Quand la consigne de puissance émise sera prise en compte par l'émetteur, la puissance demandée tiendra compte des consignes reçues précédemment. Ainsi, l'asservissement peut fonctionner sans instabilité.

La difficulté pouvant résulter de la sporadicité du trafic du récepteur vers l'émetteur est résolue par le fait que l'instant d'émission des consignes étant connu dans le récepteur, ce dernier peut en tenir compte pour élaborer les consignes  
30 suivantes.

La sporadicité du trafic de l'émetteur vers le récepteur est aussi sans conséquence néfaste, car la puissance de l'émetteur étant déterminée par le récepteur, ce dernier connaît à tout instant la puissance d'émission du signal qu'il reçoit.

35 Ce procédé permet ainsi de s'affranchir des instabilités ou dysfonctionnements qui pourraient résulter des retards de transmission et de traitement.

Dans une réalisation, on garde en mémoire le signal représentant la puissance de l'émetteur pendant une durée  $t'$  égale à la somme du temps  $t_p$  de propagation du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement ou prise en compte de la consigne par l'émetteur, et du temps  $t_p$  de propagation de l'émetteur vers le récepteur. Ce temps  $t'$  est connu et, en général, constant. La mise à jour du signal représentant la puissance s'effectue alors à chaque émission de consigne du récepteur vers l'émetteur. Si la consigne précédemment élaborée n'a pas été transmise vers l'émetteur alors qu'une nouvelle information est reçue par le récepteur, la nouvelle consigne, élaborée à partir de la nouvelle information reçue, remplace la consigne qui n'a pas été émise.

Dans un mode de réalisation préféré, la caractéristique du signal reçu est déterminée de la façon suivante : on mesure le rapport signal à bruit instantané de ce signal reçu, on divise ce rapport signal à bruit par la puissance d'émission du signal reçu, on lisse (par exemple, on soumet à un filtrage passe-bas) le résultat de la division et on multiplie ce signal de division lissé par la puissance d'émission du signal reçu.

Le lissage permet, de façon en soi connue, de diminuer le bruit d'un signal. En effet, il permet de réduire, de façon sensible, le bruit qui s'étale sur tout le spectre, le filtrage ne retenant que la partie basse du spectre de l'énergie.

Le lissage qui s'effectue sur la division du rapport signal à bruit par ladite puissance d'émission du signal reçu permet d'améliorer sensiblement la qualité de la régulation. En effet, le numérateur du rapport signal à bruit instantané qui est mesuré est le produit du signal émis par l'atténuation (ou le gain) du canal de transmission (la propagation hertzienne dans l'exemple) et si le lissage était effectué sur ce produit, il provoquerait une intégration des variations de la puissance, ce qui entraînerait des oscillations de ce rapport signal à bruit lissé lors de changements brusques du gain du canal de transmission. Ces oscillations du signal mesuré fourniraient alors des valeurs insuffisantes du rapport signal à bruit mesuré par rapport à sa valeur réelle, ce qui aurait pour conséquence une consigne excessive.

Ainsi, lorsqu'on divise le rapport signal à bruit du signal reçu par la puissance d'émission, on s'affranchit, dans une grande mesure, de ces oscillations, ce qui permet de conférer une plus grande précision à la mesure de la caractéristique du signal reçu et, donc, de conférer à la puissance d'émission une valeur qui n'est pas excessive.



Il est à noter que cette disposition peut s'utiliser indépendamment de la disposition consistant à élaborer la consigne à partir d'une mémorisation des consignes précédemment élaborées.

- En d'autres termes, l'invention consiste à utiliser la puissance d'émission du signal reçu pour élaborer la consigne de puissance de l'émetteur. Le signal représentant la puissance d'émission du signal reçu peut être utilisé avec les consignes précédemment élaborées pour déterminer la nouvelle consigne ; ce signal représentant la puissance d'émission du signal reçu peut, indépendamment ou en combinaison, être utilisé pour limiter lesdites oscillations du rapport signal à bruit mesuré.
- 10 En particulier, pour élaborer la consigne, il n'est pas toujours indispensable de faire appel aux consignes précédemment élaborées ; il en est en particulier ainsi quand, par exemple, le temps de propagation est relativement faible, ou quand les consignes sont émises du récepteur vers l'émetteur à une fréquence relativement faible, ou encore quand chaque cellule contient une information sur la puissance
- 15 avec laquelle elle a été émise.

- Dans un système de télécommunication pour lequel des informations sont transmises depuis le récepteur vers l'émetteur, les consignes étant transmises avec ces informations, il est préférable de prévoir un système de régulation analogue de la puissance d'émission du récepteur vers l'émetteur. Dans ce cas, c'est au niveau
- 20 de l'émetteur que sera contrôlée la puissance d'émission du récepteur. Autrement dit, dans cette situation, le récepteur et l'émetteur ont chacun une double fonction d'émission et de réception.

- L'invention prévoit un procédé de télécommunication, dans lequel un émetteur transmet des informations à un récepteur avec une puissance fonction d'un
- 25 signal de consigne fourni par le récepteur, cette consigne étant établie à partir de la comparaison entre une caractéristique du signal reçu et une caractéristique de référence, la consigne ayant pour but de maintenir la puissance de l'émetteur à un niveau tel que la caractéristique du signal reçu soit constamment égale à, ou voisine de, la caractéristique de référence. Ce procédé est caractérisé en ce qu'un retard
- 30 intervenant dans la transmission des signaux entre l'émetteur et le récepteur, on élabore la consigne, dans le récepteur, à chaque réception d'information, à partir, d'une part, de ladite comparaison entre la caractéristique du signal reçu et de la caractéristique de référence, et d'autre part, d'un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu.

Selon un mode de réalisation, on élabore également la consigne à partir des consignes précédemment élaborées et transmises à l'émetteur mais dont ce dernier n'a pu tenir compte en raison des retards de transmission.

Selon un mode de réalisation, la caractéristique étant un rapport signal à  
 5 bruit lissé, dans le récepteur, on détermine le rapport signal à bruit instantané du signal reçu, on le divise par un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu, on lisse ce rapport et on multiplie le rapport lissé par le signal représentant la puissance d'émission du signal reçu, le résultat de cette multiplication constituant la caractéristique qui est comparée à la référence.

10 Selon un mode de réalisation, la mise à jour au temps  $t$ , dans le récepteur, du signal représentant la puissance d'émission du signal reçu s'effectue après l'écoulement d'un temps  $t'$  suivant l'émission d'une consigne du récepteur vers l'émetteur, ce temps  $t'$  étant égal à la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement, ou prise en compte, de la consigne  
 15 dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur, et cette mise à jour consiste à multiplier la puissance précédemment en mémoire par la consigne émise au temps  $t$ .

Selon un mode de réalisation, la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$20 \quad C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{T_X(t)}{T_X(t + t')}$$

formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur, et  $T_X(t)$  et  $T_X(t+t')$  sont les signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu aux temps, respectivement,  $t$  et  $t+t'$ .

25 Selon un mode de réalisation, la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{1}{\Pi C}$$

formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur, et  $\Pi C$  est la  
 30 consigne ou le produit des consignes précédemment émise(s) mais non encore prise(s) en compte par l'émetteur.

Selon un mode de réalisation, la consigne émise par le récepteur vers l'émetteur est émise simultanément avec des données d'information ou de signalisation.

Selon un mode de réalisation, les données transmises du récepteur vers l'émetteur se présentent sous forme de données numériques en cellules ou paquets, chaque consigne étant émise dans l'en-tête de la cellule ou du paquet.

5 Selon un mode de réalisation, les informations transmises de l'émetteur vers le récepteur étant des données numériques transmises par cellules ou paquets, la caractéristique du signal reçu est déterminée à chaque cellule.

Selon un mode de réalisation, le trafic d'informations de l'émetteur vers le récepteur ou du récepteur vers l'émetteur est de type sporadique.

10 Selon un mode de réalisation, l'émetteur ayant aussi pour but de recevoir des informations provenant du récepteur et le récepteur ayant pour but d'émettre des informations vers l'émetteur, le contrôle de la puissance d'émission du récepteur s'effectue à partir d'un signal de consigne fourni par l'émetteur.

15 La présente invention prévoit en outre un récepteur pour la mise en œuvre du procédé de télécommunication de l'invention. Ce récepteur ayant aussi une fonction d'émission de signaux vers l'émetteur, il comporte des moyens pour élaborer les signaux de consigne et des moyens à mémoire pour stocker des signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu, la mise à jour de la valeur du signal représentant la puissance d'émission du signal reçu qui est gardée en mémoire étant effectuée à chaque émission de signaux du récepteur vers l'émetteur.

20 Selon un mode de réalisation, le récepteur comporte une mémoire circulaire de profondeur  $t'$ ,  $t'$  étant la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement pris en compte dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur.

25 La présente invention prévoit enfin une application du procédé de télécommunication selon l'invention à un système de télécommunication par satellite(s) dans lequel on prévoit une station de commande et une pluralité de terminaux, les communications entre le terminal et la station de commande s'effectuant par l'intermédiaire du satellite.

30 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés, sur lesquels :

la figure 1 est un schéma d'un système de télécommunication par satellite,

la figure 2 est un schéma de moyens connus pour la régulation de la puissance d'émission à partir d'un récepteur,

35 la figure 3 est un diagramme expliquant les défauts du système de la figure 2,

la figure 4 est un schéma montrant un système de régulation conforme à l'invention, et

les figures 5 et 6 sont des diagrammes expliquant certains aspects du fonctionnement du système de la figure 4.

5 L'exemple que l'on va décrire en relation avec les figures se rapporte à un système de télécommunication dans lequel la surface du globe terrestre est divisée en zones 10 (figure 1) dont une seule a été représentée sur la figure. Dans chaque zone on trouve, d'une part, une station centrale de commande ou de connexion 20, et, d'autre part, des terminaux ou postes d'abonnés 16, 18, etc.

10 Les terminaux 16, 18, etc. communiquent entre eux par l'intermédiaire d'un satellite 14 à orbite basse ou moyenne. Dans l'exemple, l'altitude du satellite est d'environ 1 500 km. Ce satellite 14 se déplace sur une orbite 12 sur laquelle se trouvent d'autres satellites. Pour couvrir le globe terrestre, ou une grande partie de ce dernier, on prévoit plusieurs orbites 12.

15 Quand le satellite 14 perd de vue la zone 10, le satellite suivant (non montré), par exemple sur la même orbite 12, prend le relais de la communication.

La station de commande et de connexion 20 assure la gestion des communications entre les terminaux 16, 18, etc. En particulier, elle attribue des ressources en fréquences, en puissance et en codes pour chacun des terminaux. A cet effet, cette station 20 communique avec chacun des terminaux, également par l'intermédiaire du satellite 14.

Les communications entre terminaux s'effectuent par l'intermédiaire de la station 20. Autrement dit, quand le terminal 16 communique avec le terminal 18, le terminal 16 envoie les données à la station 20 par l'intermédiaire du satellite et la station 20 réémet ces données vers le terminal 18, également par l'intermédiaire du satellite.

La station 20 est reliée à un réseau terrestre 22, du type ATM dans l'exemple. Ainsi, cette station 20 est reliée, par l'intermédiaire d'un commutateur ATM 34, à un réseau large bande 36, à un réseau à bande étroite 38, ainsi qu'à des serveurs 28. Le réseau 38 à bande étroite permet la connexion d'utilisateurs 30 et de serveurs 24. De même, le réseau 36 à large bande permet la connexion d'utilisateurs 32 et de serveurs 26.

Un tel système de télécommunication du type à transmission asynchrone permet un débit important de données avec une grande capacité et un faible retard dû à la transmission.

Dans un réseau asynchrone, notamment du type ATM, les données sont sous forme numérique et organisées en paquets ou cellules comprenant, pour la norme ATM, 384 bits (ou symboles) de données et 40 bits (ou symboles) d'en-tête.

Le problème que vise à résoudre l'invention est d'attribuer, à chaque communication, de la station de commande 20 vers un terminal 16, 18 et d'un terminal 16, 18 vers la station de commande, une ressource en puissance qui soit telle que cette puissance soit celle juste nécessaire pour que le rapport signal à bruit réponde aux spécifications. Ainsi, les communications auront une qualité de service requise garantissant un taux d'erreurs binaires inférieur à une limite prédéterminée sans consommation excessive de puissance. En effet, la puissance émise doit être celle qui est juste nécessaire, car la puissance disponible dans le satellite est limitée et, si une communication nécessite plus de puissance, cet excès vient en diminution de la puissance attribuée aux autres communications.

Par ailleurs, les terminaux étant des appareils à grande diffusion dont le prix doit être aussi bas que possible, il est préférable que leur puissance soit limitée.

Pour régler la puissance d'émission, on détermine le rapport signal à bruit à la réception et on règle la puissance d'émission pour que ce rapport signal à bruit soit égal à une valeur de référence.

Dans le cas d'un système de transmission par satellite, la puissance reçue par les récepteurs peut varier dans une grande mesure, notamment en raison des variations des conditions de propagation dues aux changements aléatoires des conditions météorologiques. En particulier, la propagation se dégrade sensiblement en cas de pluie par rapport à un temps clair. La propagation se dégrade aussi du fait des scintillations et de masquages.

Les conditions de propagation peuvent également introduire du bruit et la source de bruit peut, elle-même, présenter des caractéristiques qui varient. Outre le bruit thermique, les causes de bruit sont, notamment, les interférences dues à l'utilisation des mêmes fréquences de transmission pour des zones voisines, ou encore des brouillages par d'autres systèmes de transmission.

L'asservissement de la puissance d'émission au rapport signal à bruit à la réception pose un problème difficile à résoudre dans le cas du système de transmission par satellite(s) en raison des délais de propagation de la consigne émise par le récepteur vers l'émetteur et des délais de transmission des signaux de l'émetteur vers le récepteur.

Dans l'exemple, le retard dû à la propagation du signal d'un terminal vers la station de commande ou, réciproquement, de la station de commande vers un ter-

minal, est de l'ordre de 25 ms. Ce délai est maintenu constant grâce à des mémoires tampons. En effet, le temps de propagation proprement dit varie constamment du fait du déplacement du satellite par rapport à la zone, ce qui entraîne une variation de la distance de propagation entre un terminal et la station de commande.

- 5 Mais, afin de faciliter la gestion du système, le retard est maintenu à un niveau constant grâce aux mémoires tampons mentionnées ci-dessus.

Par ailleurs, la mesure du rapport signal à bruit étant effectuée sur des cellules reçues, la fréquence de mesure dépend du trafic qui est intrinsèquement variable dans un système de communication multimédia du type de celui décrit. Par  
10 exemple, la fréquence de transmission des cellules est moins élevée dans le cas d'une messagerie électronique que dans le cas de transmission d'images ou dans le cas de transmissions de programmes.

En outre, il est préférable que la transmission de consigne de puissance du récepteur vers l'émetteur s'effectue en même temps qu'une transmission de cellule,  
15 car, cette consigne ne nécessitant qu'un nombre limité de bits, il est préférable de ne pas utiliser une cellule entière pour la seule transmission de la consigne. Il faut donc attendre d'avoir à transmettre une information (donnée ou signalisation) du récepteur vers l'émetteur pour transmettre cette consigne. Cette sporadicité du trafic augmente encore la difficulté de la régulation car elle entraîne des retards non  
20 déterministes, c'est-à-dire non prévisibles.

Ainsi, un système classique d'asservissement, s'il est utilisé tel quel, ne peut fonctionner correctement. Un tel système est représenté sur la figure 2. On voit sur cette figure que l'émetteur 40 comporte une entrée 42 recevant une consigne d'un récepteur 44. Le temps de transmission entre la sortie de commande 46 du  
25 récepteur 44 et l'entrée de consigne 42 de l'émetteur 40 correspond à un retard symbolisé par le bloc 48. Par ailleurs, la transmission des cellules de l'émetteur 40 vers le récepteur 44 s'effectue, comme la transmission inverse, par voie hertzienne par l'intermédiaire du satellite. Cette transmission constitue un canal 50 entraînant aussi un retard. Dans le récepteur 44, les cellules sont reçues par un dispositif de  
30 réception 52 et le rapport signal à bruit  $\tilde{\gamma} = \frac{E_b}{N_0}$  est estimé en permanence (bloc 54)

sur chaque cellule reçue.

Pour limiter le bruit introduit par le canal 50, on procède à un lissage (bloc 56), c'est-à-dire, dans l'exemple, à un filtrage passe-bas, du signal fourni par le bloc 54. Ce rapport signal à bruit lissé  $\hat{\gamma}$  est comparé, dans un bloc 58, appelé "bloc de  
35 décision", à une valeur de référence  $\gamma_{ref}$  appliquée sur son entrée 60. Le bloc 58

délivre, sur la sortie 46, le signal de consigne vers l'émetteur 40 afin que ce dernier ajuste sa puissance d'émission en fonction de la comparaison entre le rapport signal à bruit lissé et la valeur  $\gamma_{ref}$  de référence.

Le lissage 56 introduit une contrainte sur la puissance d'émission. En effet, ce lissage constitue une intégration qui induit des oscillations de la valeur mesurée lors de variations brusques du signal d'entrée. Ces oscillations, qui ne représentent pas des oscillations réelles du rapport signal à bruit reçu, sont appliquées au bloc 58 et, ainsi au cours d'une oscillation, ce bloc 58 reçoit des valeurs  $\hat{\gamma}$  qui peuvent être inférieures à la référence  $\gamma_{ref}$ , alors que le signal à bruit réel ne descend pas en dessous de la référence. Ainsi, en général, la puissance d'émission doit être choisie avec une valeur en excès permettant de tenir compte de ces oscillations de la mesure. Comme on le verra plus loin, l'invention, selon un de ses aspects, permet de limiter ces oscillations indésirables.

Par ailleurs, comme on va le décrire en relation avec la figure 3, les études menées dans le cadre de l'invention ont permis de constater que les retards de la boucle d'asservissement représentée sur la figure 2 empêchent un fonctionnement correct de cette boucle et ces études ont permis de comprendre pourquoi l'asservissement ne fonctionnait pas et de proposer une solution.

Pour cette étude, on a considéré un exemple simplifié dans lequel on a supposé que la puissance  $P_e$  a, au démarrage de la communication, la valeur 1 et le canal 50 présente une atténuation qui augmente de façon continue avec le temps, cette atténuation augmentant d'un facteur  $\alpha$  à chaque unité de temps. En d'autres termes, au bout d'une unité de temps, la puissance est atténuée d'un facteur  $\alpha$ , au bout de deux unités de temps la puissance reçue est atténuée du facteur  $\alpha^2$  et, au bout de  $n$  unités de temps, la puissance est atténuée du facteur  $\alpha^n$ . En outre, dans cet exemple, le temps de propagation de l'émetteur vers le récepteur et du récepteur vers l'émetteur est de une unité de temps, la consigne est émise par le récepteur 44 une unité de temps après sa réception et, de façon analogue, la puissance d'émission est mise à jour une unité de temps après réception de la consigne par l'émetteur. Enfin, on a supposé que le bruit  $N_0$  a pour valeur l'unité.

On a indiqué, sur le trait supérieur 62 (figure 3), l'évolution de la puissance  $P_e$  de l'émetteur 40 en fonction du temps, les unités de temps étant marquées de 0 à 15 sur le trait horizontal inférieur 64 qui symbolise le récepteur.

Sous le trait 64, on a représenté les valeurs  $\gamma$  du rapport signal à bruit mesurées à chaque unité de temps et la dernière ligne représente les consignes transmises par le récepteur vers l'émetteur.

Au temps 0, l'émetteur émet à la puissance 1. Au temps 1, le récepteur reçoit la puissance  $\alpha$  (du fait de l'atténuation  $\alpha$  par unité de temps, la transmission de l'émetteur vers le récepteur étant représentée par une flèche oblique du haut vers le bas avec indication de l'atténuation). Dans ces conditions, le récepteur émet

5 une consigne d'augmentation tendant à compenser l'atténuation. Cette consigne est donc une demande d'augmentation dans le rapport inverse, soit  $\alpha^{-1}$ . Mais, cette consigne n'est prise en compte par l'émetteur qu'au temps 4 du fait des retards indiqués ci-dessus. Dans ces conditions, au temps 1, la puissance d'émission est toujours 1 et les puissances reçues (égales à  $\gamma$  ici) aux temps 2, 3 et 4 sont, respec-

10 tivement,  $\alpha^2$ ,  $\alpha^3$  et  $\alpha^4$ , ce qui entraîne, à ces instants, des consignes d'émission de  $\alpha^{-2}$ ,  $\alpha^{-3}$  et  $\alpha^{-4}$ , respectivement. Au temps 5, le récepteur reçoit une puissance  $\alpha^5 \cdot \alpha^{-1} = \alpha^4$ , d'où une consigne  $\alpha^{-4}$ . A ce temps 5, la puissance d'émission est  $\alpha^{-3}$ , ce qui entraîne une puissance de réception de  $\alpha^3$  au temps 6.

Avec ce fonctionnement, on observe des instabilités manifestes de la puissance d'émission. Ainsi, on voit qu'au temps 14, la puissance d'émission est  $\alpha^3$ ,

15 alors qu'elle devrait être  $\alpha^{-11}$  (compte tenu des retards mentionnés ci-dessus).

Ce dysfonctionnement est dû au fait que les consignes sont élaborées, à chaque fois, seulement en fonction du signal reçu, sans tenir compte des consignes antérieures qui n'ont pas encore été prises en compte par l'émetteur du fait des

20 retards de transmission et de traitement.

On voit, en effet, sur cette figure 3, que, par exemple, la consigne envoyée au temps 6 par le récepteur a pour valeur  $\alpha^{-3}$ . Mais, cette consigne, qui sera exécutée au temps 9 par l'émetteur ne tient pas compte du fait que, d'une part, le signal reçu au temps 6 correspond au signal émis au temps 5 et que, d'autre part, aux

25 temps 6, 7 et 8, l'émetteur aura changé de puissance par rapport au temps 5.

On a représenté sur la figure 4 un asservissement qui permet de résoudre les deux problèmes ci-dessus, c'est-à-dire permettant, d'une part, de limiter les oscillations du paramètre mesuré et, d'autre part, un asservissement correct, fiable et robuste de la puissance d'émission en fonction de la mesure effectuée dans le

30 récepteur.

Sur cette figure 4, les éléments qui correspondent à ceux de la figure 3 portent les mêmes chiffres de références. Le montage représenté sur la figure 4 se distingue de celui représenté sur la figure 2 par le fait qu'on prévoit, conformément à l'invention, dans le récepteur 44, un bloc 70 commandant le bloc de filtrage 56' et le

35 bloc 58' d'émission de consigne.



Le bloc 70 permet de déterminer, en valeur relative, la puissance à laquelle a été émise la cellule sur laquelle est effectuée l'estimation instantanée de rapport signal à bruit dans le bloc 54.

Le signal représentant la puissance avec laquelle a été émise la cellule  
5 reçue et mesurée et traitée dans les blocs 54, 56' et 58', est déterminable dans le récepteur 44 car c'est ce dernier qui détermine la puissance de l'émetteur 40.

Pour déterminer la puissance avec laquelle la cellule a été émise, on tient compte des consignes précédemment envoyées par le récepteur 44 vers l'émetteur 40.

10 Autrement dit, contrairement à la situation représentée sur les figures 2 et 3, la consigne envoyée par le récepteur à l'émetteur tient compte, en plus du signal reçu, de la puissance d'émission de la cellule.

En outre, la consigne de puissance demandée à un instant donné tient compte des consignes précédemment envoyées par le récepteur mais qui n'ont pas  
15 encore été prises en compte par l'émetteur. L'invention assure ainsi une stabilité de la régulation malgré les retards, inévitables, entre l'élaboration de la consigne et la prise en compte de celle-ci par l'émetteur.

Le bloc 70 (figure 4) présente une sortie 72 reliée à l'entrée du bloc 56' et délivre à ce dernier une information représentant la valeur de la puissance  $T_x$  à  
20 laquelle a été émise la cellule qui doit être filtrée dans le bloc 56'.

Dans ce bloc 56', préalablement au filtrage, on divise le signal  $\tilde{\gamma} = \frac{E_b}{N_0}$  délivré par le bloc 54, par cette valeur  $T_x$  de puissance d'émission.

Étant donné que  $E_b = GT_x$ , le signal filtré par le bloc 56' est le signal  $G/N_0$ ,  $G$  étant le gain (ou atténuation) du canal 50, c'est-à-dire qu'il correspond seulement  
25 au rapport signal à bruit de l'atténuation du canal de transmission. Cette disposition permet d'amortir les oscillations du signal filtré lors des changements de pente du gain  $G$ . De cette manière, la puissance du signal d'émission peut être réduite par rapport au cas où de telles oscillations se produisent.

Le bloc 56' multiplie enfin le signal  $G/N_0$  ainsi lissé, de nouveau, par la  
30 valeur  $T_x$  de la puissance d'émission, afin de pouvoir comparer ce signal à la référence  $\gamma_{ref}$  dans le bloc 58'.

Le bloc 70 comporte, en outre, une entrée/sortie 74 reliée à une entrée/sortie 76 du bloc de décision 58'. Ce dernier élabore les consignes de puissance à émettre sur la sortie 46 et il fournit sur l'entrée 74 du bloc 70 une informa-

tion sur le moment de l'émission de la consigne, c'est-à-dire sur le moment où la sortie 46 transmet la consigne vers l'émetteur.

Pour élaborer la consigne, le bloc 58' tient compte de toutes les consignes précédemment émises et qui ne sont pas prises en compte, du fait des délais de propagation et de traitement, par la cellule reçue. De façon plus précise, la cellule  
 5 reçue, et qui est traitée dans les blocs 54, 56' et 58', tient compte des consignes émises jusqu'au temps  $t-t'$  et non des consignes émises entre les instants  $t-t'$  et  $t$ .  $t$  est l'instant présent et  $t'$  est la somme de la durée  $t_p$  de propagation des signaux du récepteur 44 vers l'émetteur 40, du temps  $t_e$  de traitement des signaux dans l'émet-  
 10 teur 40 et, enfin, de la durée  $t_p$  de propagation de l'émetteur 40 vers le récepteur 44.

Le temps  $t'$  a une valeur constante car, d'une part, comme on l'a vu précédemment, on confère, grâce à des mémoires tampons, une valeur constante à la durée de propagation  $t_p$  et, d'autre part, le temps  $t_e$  de traitement dans l'émetteur 40 est également constant.

15 Même si l'on ne prévoit pas de mémoire tampon pour imposer une durée constante de transmission entre l'émission par le récepteur (ou l'émetteur) et la réception par l'émetteur (ou le récepteur), la durée  $t_p$  est connue à chaque instant, puisque les distances séparant l'émetteur et le récepteur du satellite sont également connues à chaque instant.

20 Pour connaître, à un instant  $t$ , la puissance à laquelle a été émise une cellule reçue, il suffit de connaître la consigne demandée (par le signal sur la sortie 46) à l'instant  $t-t'$ .

Dans l'exemple, le signal émis sur la sortie 46 est un facteur multiplicatif. Par exemple, si, à l'instant  $t$ , la puissance de l'émetteur est  $P_0$ , la consigne sera un  
 25 nombre  $C_1$  tel que la cellule reçue à l'instant  $t+t'$  ait la puissance  $P_0C_1$ . Cet exemple ne vaut que, si entre les instants  $t-t'$  et  $t$ , aucune autre consigne n'a été émise. Si dans cet intervalle, d'autres consignes avaient été émises, par exemple  $C_2$  et  $C_3$ , la consigne émise sera toujours  $C_1$ , mais, dans ce cas, la puissance d'émission de la cellule reçue à l'instant  $t+t'$  sera  $P = P_0C_1C_2C_3$ .

30 On voit ainsi qu'on peut connaître à tout instant la puissance d'émission de chaque cellule reçue à condition de connaître le produit des consignes émises jusqu'à l'instant  $t-t'$ . Il n'est pas indispensable de connaître la puissance d'émission de l'émetteur à l'initialisation ; il suffit de connaître l'évolution de cette puissance, c'est-à-dire l'évolution des consignes.

35 Dans le mode de réalisation décrit, pour limiter la taille de la mémoire du bloc 70, on garde seulement en mémoire les puissances demandées entre les

instants  $t-t'$  et  $t$  qui correspondent aux puissances d'émission des cellules reçues entre les instants  $t$  et  $t+t'$ .

Dans l'exemple, les consignes sont émises seulement lorsqu'une communication (d'information ou de signalisation) est établie du récepteur 44 vers l'émetteur 40. Par "communication", on entend tout type de transmission d'informations, ce qui englobe non seulement la transmission de données proprement dites, mais aussi la transmission de données de signalisation telles que les données indiquant un changement de satellite, la position du satellite ou des données de vérification.

Dans cette situation, la consigne est émise dans l'en-tête d'une des cellules de la communication. Ainsi, la transmission de la consigne n'est pas obligatoirement immédiate. Il peut donc se produire qu'une cellule soit reçue par le récepteur 44, alors que la consigne correspondant à la cellule précédemment analysée n'a pas été émise vers l'émetteur 40 (car, entre temps, il n'y a pas eu de trafic du récepteur vers l'émetteur). Dans cette situation, la nouvelle consigne, qui est élaborée à partir de la dernière cellule reçue, remplace la consigne précédente.

Compte tenu de l'ensemble des explications fournies ci-dessus, la consigne  $C(t)$  construite par le bloc 58' après chaque réception de cellule a pour valeur :

$$(1) \quad C(t) = \frac{\gamma_{\text{ref}}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{T_X(t)}{T_X(t+t')} = \frac{\gamma_{\text{ref}}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{1}{\Pi C}$$

Dans cette formule,  $C(t)$  est la consigne, c'est-à-dire un facteur de multiplication,  $\gamma_{\text{ref}}$  est la valeur de référence appliquée sur l'entrée 60 du bloc 58',  $\hat{\gamma}(t)$  est le signal de sortie du bloc de filtrage 56' appliqué sur une entrée du bloc 58',  $T_X(t)$  est l'image à l'instant  $t$ , dans le bloc 70, de la puissance de l'émetteur à l'instant  $t-t_p$  et  $T_X(t+t')$  est l'image à l'instant  $t+t'$  de la puissance de l'émetteur à l'instant  $t+t'-t_p$ . Cette dernière image est connue à l'instant  $t$  puisqu'elle dépend des consignes émises par le récepteur jusqu'à cet instant.

On comprend que le rapport  $\frac{T_X(t)}{T_X(t+t')}$  correspond à l'inverse du produit des consignes de puissance émises par le récepteur et dont l'émetteur n'a pas encore tenu compte. Il est, en effet, nécessaire de ne pas tenir compte plusieurs fois de ces consignes précédemment élaborées.  $\Pi C$  est ce produit dans la formule (1) ci-dessus.

Par ailleurs, la valeur  $T_X$  (image de la puissance d'émission) est mise à jour dans la mémoire du bloc 70 à chaque fois qu'une consigne est émise, ce bloc 70 étant informé de cette émission par le signal sur son entrée 76. Cette mise à jour consiste, après l'écoulement d'un temps  $t'$  après l'émission de la consigne, à mul-

tiplier la valeur  $T_x$  précédente par la consigne émise. Autrement dit : au temps  $t$ , la consigne est élaborée sur la base de la puissance de la cellule émise au temps  $t_1 = t - t_p - t_r$  ( $t_r$  est la durée de la mesure et de l'élaboration de la consigne dans le récepteur), et cette consigne émise au temps  $t$  sera exécutée par l'émetteur au temps  $t_1 + t' + t_r$  et ne sera reçue par le récepteur qu'à partir du temps  $t_1 + t' + t_p + t_r = t + t'$ . Dans ces conditions, pour mettre à jour la puissance  $T_x$ , on procède de la façon suivante : quand une consigne est transmise au temps  $t$ , sur la sortie 46, par une cellule, on met à jour la puissance  $T_x$  en mémoire du bloc 70 au temps  $t + t'$ . Cette mise à jour au temps  $t + t'$  consiste à multiplier la valeur  $T_x$  en mémoire par la consigne émise au temps  $t$ .

Comme déjà indiqué, lorsqu'une nouvelle consigne est élaborée sur la base d'une cellule reçue, alors que la consigne précédente n'a pu être émise, la nouvelle consigne remplace celle qui n'a pu être émise.

Un exemple de fonctionnement est représenté sur la figure 5 qui est une figure analogue à celle de la figure 3.

Sur cette figure, on a considéré, comme dans le cas de la figure 3, un émetteur dont la puissance de départ a la valeur 1 et un canal de transmission qui s'affaiblit d'un coefficient  $\alpha$  toutes les unités de temps. La durée de transmission, dans un sens ou dans l'autre, entre l'émetteur et le récepteur est de une unité de temps. La durée de traitement dans le récepteur est de une unité de temps. Par contre, par rapport à la figure 3, pour simplifier, on a supposé que la durée de traitement dans l'émetteur est négligeable. Sur le trait supérieur 100, on a représenté l'évolution de la puissance émise par l'émetteur en fonction du temps. Le trait inférieur 102 représente le récepteur. Sous ce trait, on a indiqué les variations de la valeur  $\hat{\gamma}$  en fonction du temps. On a aussi indiqué l'évolution avec le temps : des consignes  $C(t)$  de puissance, de l'image  $T_x$  de la puissance de l'émetteur 40 qui est formée dans le bloc 70, et, enfin, des consignes de puissance envoyées par le récepteur 44 vers l'émetteur 40, mais qui n'ont pas encore été prises en compte par l'émetteur 40.

On notera qu'à un temps  $t$  donné, l'image  $T_x$  de la puissance  $P_e$  est l'image de la puissance d'une cellule émise au temps  $t - t_p$  ( $t - 1$  dans l'exemple).

Dans cet exemple de fonctionnement, l'émission des cellules de l'émetteur vers le récepteur (lignes obliques, du trait 100 vers le trait 102) n'est pas régulière. Ainsi, entre les instants 0 et 2, entre les instants 4 et 7 et entre les instants 10 et 14, l'émission s'effectue au rythme d'une cellule par une unité de temps, alors que, entre les instants 2 et 4, il s'écoule deux unités de temps ; il en est de même, entre

les instants 8 et 10. De façon analogue, l'émission des cellules du récepteur vers l'émetteur (traits pointillés horizontaux, et traits obliques du trait 102 vers le trait 100). Il y a émission chaque unité de temps entre les temps 2 et 6, et entre les temps 10 et 14. Par contre, quatre unités de temps séparent l'émission d'une cellule entre les instants 6 et 10.

Pour cette figure 5, on a utilisé la formule (1) ci-dessus pour déterminer les consignes  $C(t)$  et on a également utilisé la mise à jour de  $T_x$  qui consiste à multiplier la valeur  $T_x$  présente à l'instant  $t$  par la consigne à l'instant  $t-t'$ . Dans cet exemple, le temps  $t'$  a pour valeur deux unités de temps (deux fois la durée de propagation, la durée  $t_e$  de traitement étant supposée nulle).

Par exemple, au temps 7, la consigne est :

$$C(7) = \frac{1}{\alpha^4} \cdot \frac{1}{\alpha^{-2}} = \alpha^{-2}.$$

Dans le calcul ci-dessus,  $\frac{1}{\alpha^{-2}}$  est l'inverse de la consigne non encore

reçue par l'émetteur qui est indiquée par la dernière ligne au temps 7.

On voit aussi qu'on peut utiliser les valeurs  $T_x(t)$  et  $T_x(t+t')$ . Par exemple :

$$C(7) = \frac{1}{\alpha^4} \cdot \frac{T_x(7)}{T_x(9)} = \frac{1}{\alpha^4} \cdot \frac{\alpha^{-3}}{\alpha^{-5}} = \alpha^{-2}.$$

Pour élaborer la valeur  $T_x$  au temps 7, on a considéré la valeur présente dans la mémoire 70 qui est indiquée au temps 6 et on a multiplié cette valeur par la consigne présente au temps  $6-t'$ , c'est-à-dire au temps 4. Au temps 4, la consigne était de 1. Ainsi, la valeur  $T_x$  reste alors  $\alpha^{-3}$  au temps 7. Aux temps 9, 10 et 11 la valeur  $T_x$  est maintenue constante car, aux instants 7, 8 et 9 (c'est-à-dire aux instants  $t-t'$ ), aucune consigne n'a été émise par le récepteur.

On observe que, malgré la sporadicité du trafic, la puissance  $P_e$  suit correctement (aux retards de propagation et de traitement près) l'évolution de l'atténuation due à la propagation, et cela malgré l'irrégularité du trafic. Cette irrégularité du trafic entraîne, bien entendu, des irrégularités de variations de la puissance d'émission, mais ces irrégularités (par exemple du temps 10 au temps 11) n'ont pas de conséquence sur la stabilité de l'asservissement.

On a aussi constaté que le procédé est robuste aux perturbations, telles que des pertes de signaux du récepteur vers l'émetteur, c'est-à-dire des perturbations telles que des signaux émis par le récepteur ne sont pas reçus par l'émetteur.

On a représenté ainsi sur la figure 6 l'effet d'une perte de cellules du récepteur vers l'émetteur. Cet exemple est analogue à celui représenté sur la figure 5. Les hypothèses sont les mêmes.

Dans cet exemple, on voit que les cellules émises par le récepteur aux  
5 temps 6, 7, 8 et 9 n'ont pas atteint l'émetteur alors que celui-ci aurait dû recevoir des consignes aux temps, respectivement 7, 8, 9 et 10.

On constate que, dans cette situation, la puissance  $P_e$  retrouve la valeur correcte au temps 13, soit seulement deux unités de temps après la fin de l'interruption de la transmission du récepteur vers l'émetteur.

10 Un mode de réalisation du bloc 70 consiste à prévoir des moyens de mémorisation de l'image de la puissance d'émission des cellules reçues et à mettre à jour cette puissance à l'aide d'une horloge, ou compteur de temps, qui est déclenchée à l'émission d'une consigne et qui met à jour cette valeur au temps  $t' = t_p + t_e + t_p$ , la nouvelle valeur représentant la précédente multipliée par la  
15 consigne lors de l'émission de la consigne. Si, lors de l'arrivée d'une nouvelle cellule, la consigne précédente n'a pu être transmise, du fait qu'aucune cellule n'est transmise du récepteur vers l'émetteur, la nouvelle consigne construite à partir de la cellule reçue en dernier lieu remplace la précédente consigne.

20 Le bloc 70 peut faire appel, par exemple, à une mémoire tampon circulaire de profondeur  $t'$ .

Bien qu'on ait seulement décrit le contrôle de puissance au niveau du récepteur, on comprend aisément qu'il existe une autre boucle de contrôle de puissance pour laquelle la puissance d'émission du récepteur est contrôlée au niveau de l'émetteur.

## REVENDECATIONS

1. Procédé de télécommunication, dans lequel un émetteur (40) transmet des informations à un récepteur (44) avec une puissance fonction d'un signal de consigne fourni par le récepteur, cette consigne étant établie à partir de la comparaison entre une caractéristique ( $\hat{\gamma}$ ) du signal reçu et une caractéristique de référence ( $\gamma_{ref}$ ), la consigne ayant pour but de maintenir la puissance de l'émetteur à un niveau tel que la caractéristique du signal reçu soit constamment égale à, ou voisine de, la caractéristique de référence, caractérisé en ce qu'un retard intervenant dans la transmission des signaux entre l'émetteur et le récepteur, on élabore la consigne dans le récepteur, à chaque réception d'information, à partir, d'une part, de ladite comparaison entre la caractéristique du signal reçu et de la caractéristique de référence, et d'autre part, d'un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on élabore la consigne à partir des consignes précédemment élaborées et transmises à l'émetteur mais dont ce dernier n'a pu tenir compte en raison des retards de transmission.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la caractéristique étant un rapport signal à bruit lissé, dans le récepteur, on détermine le rapport signal à bruit instantané ( $\tilde{\gamma}$ ) du signal reçu, on le divise par un signal ( $T_X$ ) représentant la puissance d'émission du signal reçu, on lisse ce rapport et on multiplie le rapport lissé par le signal ( $T_X$ ) représentant la puissance d'émission du signal reçu, le résultat ( $\hat{\gamma}$ ) de cette multiplication constituant la caractéristique qui est comparée à la référence.
4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la mise à jour au temps  $t$ , dans le récepteur, du signal ( $T_X$ ) représentant la puissance d'émission du signal reçu s'effectue après l'écoulement d'un temps  $t'$  suivant l'émission d'une consigne du récepteur vers l'émetteur, ce temps  $t'$  étant égal à la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement, ou prise en compte, de la consigne dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur, et en ce que cette mise à jour consiste à multiplier la puissance précédemment en mémoire par la consigne émise au temps  $t$ .
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{T_X(t)}{T_X(t + t')}$$

formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur,  $T_x(t)$  et  $T_x(t+t')$  sont les signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu aux temps, respectivement,  $t$  et  $t+t'$ .

- 5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{1}{\Pi C}.$$

10 formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur et  $\Pi C$  est la consigne ou le produit des consignes précédemment émise(s) mais non encore prise(s) en compte par l'émetteur.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la consigne émise par le récepteur vers l'émetteur est émise simultanément avec des données d'information ou de signalisation.
- 15 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les données transmises du récepteur vers l'émetteur se présentent sous forme de données numériques en cellules ou paquets, en ce que chaque consigne est émise dans l'en-tête de la cellule ou du paquet.
- 20 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les informations transmises de l'émetteur (40) vers le récepteur (44) étant des données numériques transmises par cellules ou paquets, la caractéristique du signal reçu est déterminée à chaque cellule.
- 25 10. Procédé selon la revendication 7, 8 ou 9, caractérisé en ce que le trafic d'informations de l'émetteur vers le récepteur ou du récepteur vers l'émetteur est de type sporadique.
- 30 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, l'émetteur (40) ayant aussi pour but de recevoir des informations provenant du récepteur (44) et le récepteur ayant pour but d'émettre des informations vers l'émetteur, le contrôle de la puissance d'émission du récepteur s'effectue à partir d'un signal de consigne fourni par l'émetteur.
- 35 12. Récepteur pour la mise en œuvre du procédé de télécommunication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, ce récepteur (44) ayant aussi une fonction d'émission de signaux vers l'émetteur (40), il comporte des moyens (58') pour élaborer les signaux de consigne et des moyens à mémoire (70) pour stocker des signaux représentant la puissance



d'émission du signal reçu, la mise à jour de la valeur du signal représentant la puissance d'émission du signal reçu qui est gardée en mémoire étant effectuée à chaque émission de signaux du récepteur vers l'émetteur.

- 5      **13.** Récepteur selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire circulaire (70) de profondeur  $t'$ ,  $t'$  étant la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement pris en compte dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur.
- 10      **14.** Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, à un système de télécommunication par satellite(s) dans lequel on prévoit une station de commande (20) et une pluralité de terminaux (16, 18), les communications entre le terminal et la station de commande s'effectuant par l'intermédiaire du satellite.

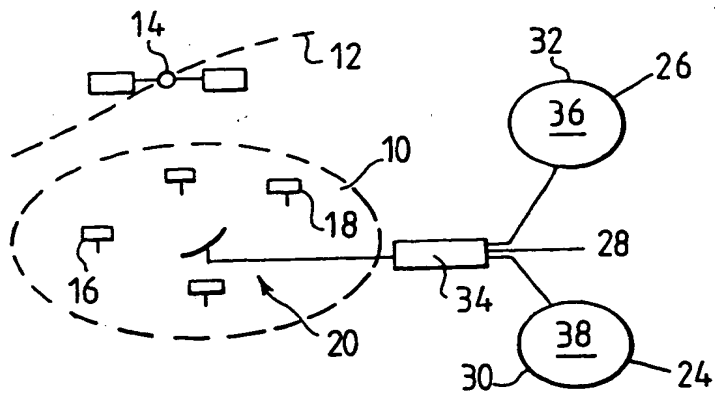


FIG. 1

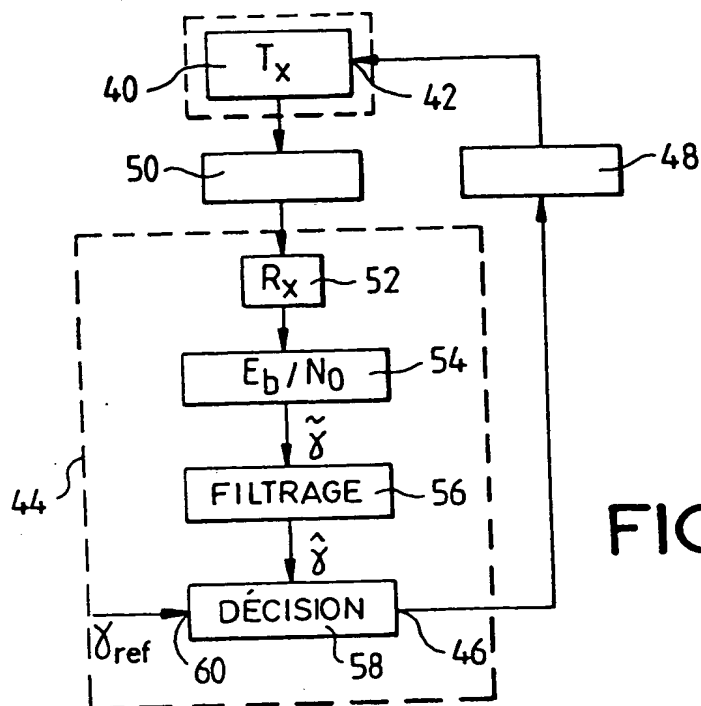
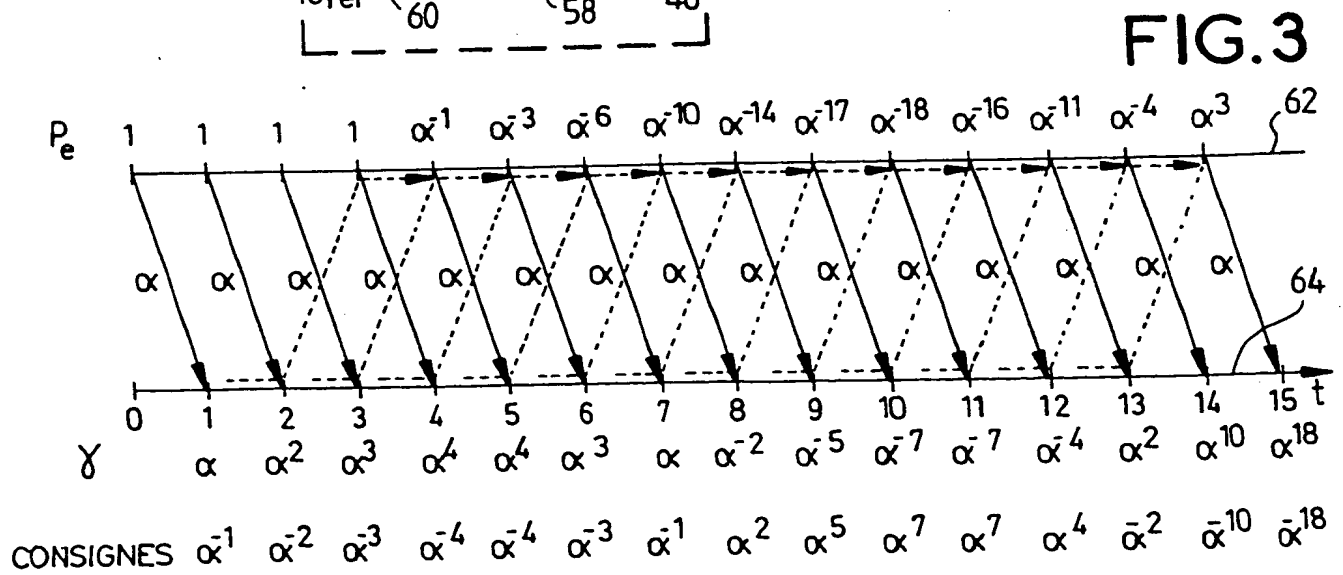


FIG. 2



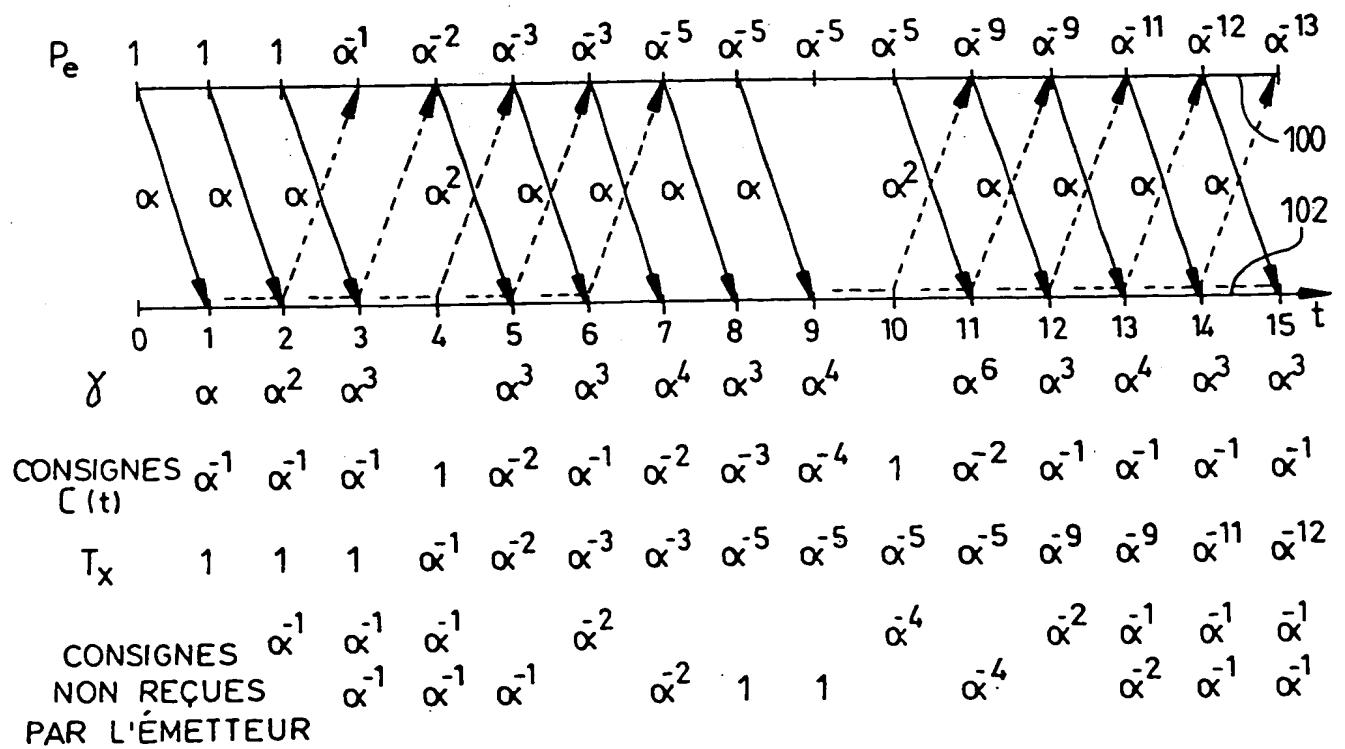
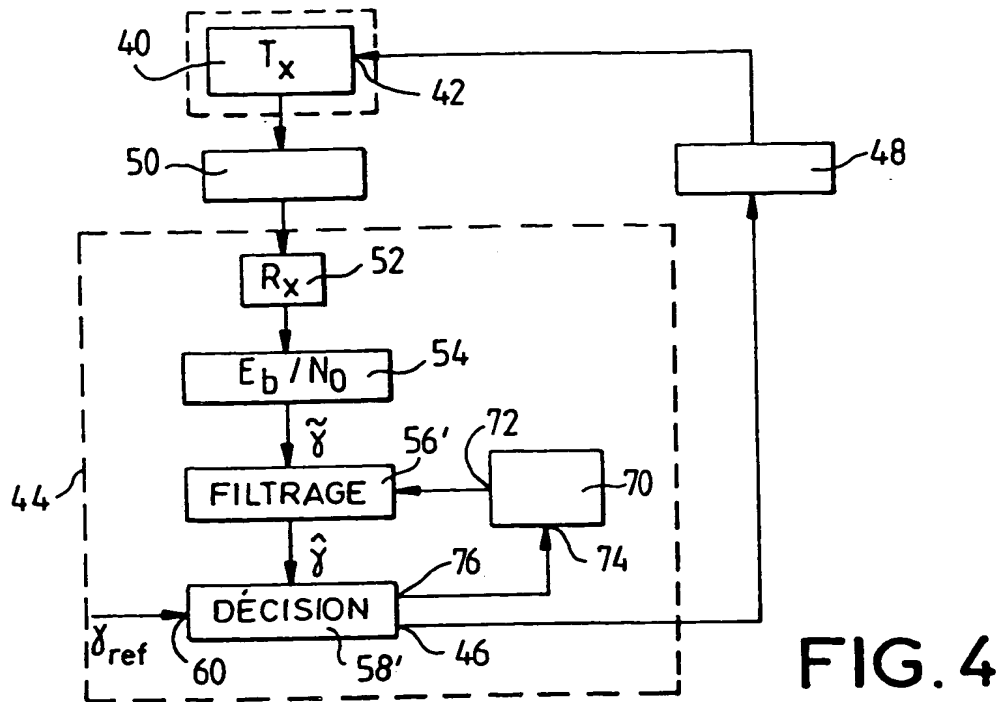


FIG.5

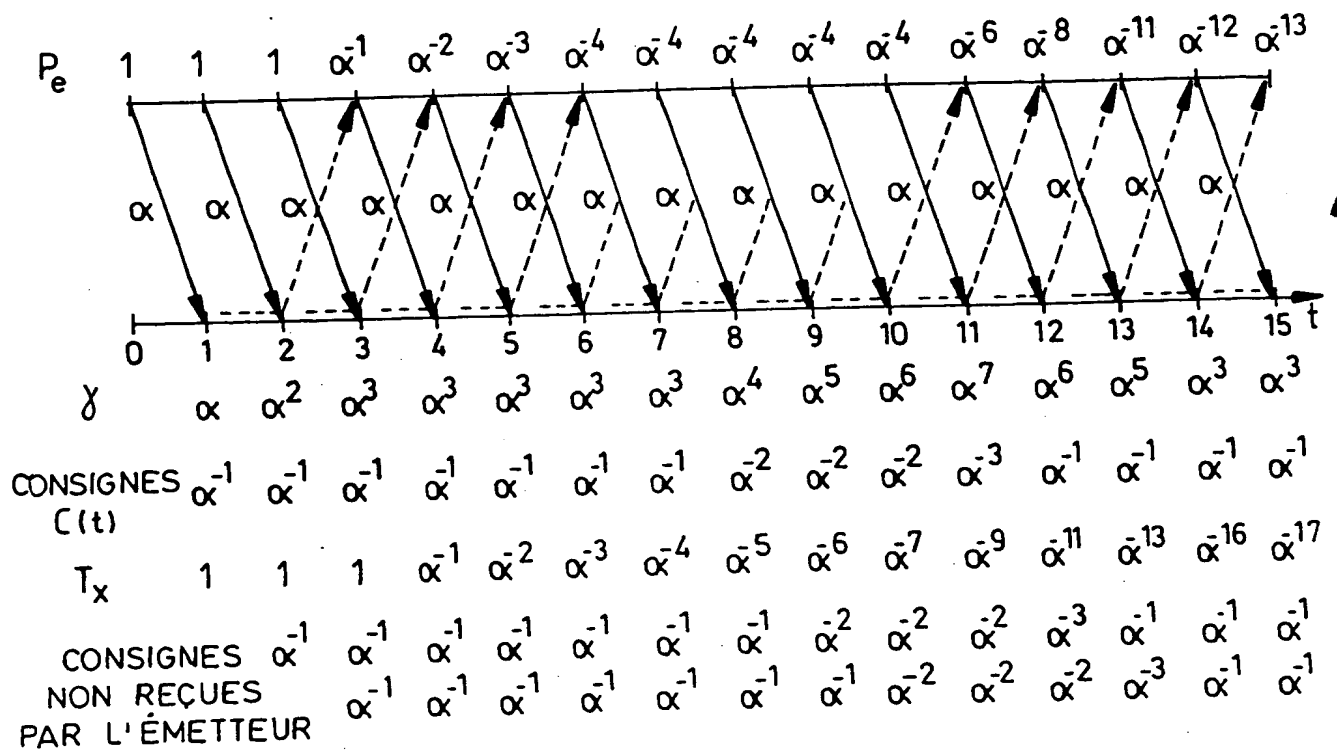


FIG.6